Juego de demostración de óptica de laser U17300 y juego complementario U17301

Instrucciones de servicio

1/05 ALF

Índice

Página	Exp. Nr.	Experimento	Equipo
1		Introducción	
2		Volumen de suministro	
3	E1	Reflexión en un espejo plano	U17300/U17301
3	E2	Reflexión en dos espejos planos	U17301
3	E3a	Reflexión en espejo cóncavo – rayos de luz paralelos al eje óptico	U17300
4	E3b	Reflexión en espejo cóncavo – rayos de luz no paralelos al eje óptico	U17300
4	E4a	Reflexión en espejo convexo – rayos de luz paralelos al eje óptico	U17300
4	E4b	Reflexión en espejo convexo – rayos de luz no paralelos al eje óptico	U17300
5	E5a	Refracción de un haz de luz durante su paso del aire al acrílico	U17300
5	E5b	Profundidad aparente de un objeto	U17301
5	E6a	Refracción de un haz de luz durante su paso del acrílico al aire	U17300
6	E6b	Refracción en un prisma acrílico	U17300/U17301
6	E6c	Ángulo crítico, reflexión total	U17300
6	E6d	Reflexión total – propagación de la luz en conductores ópticos	U17300
7	E7	Desplazamiento de un haz de luz, placa acrílica planoparalela	U17300/U17301
7	E8	Desplazamiento de un haz de luz, aire entre dos placas acrílicas planoparalelas	U17301
7	E9a	Desviación de un haz de luz por medio de un prisma acrílico	U17300/U17301
8	E9b	Desviación mínima por medio de un prisma acrílico	U17300/U17301
8	E10a	Desviación de un haz de luz por medio de un prisma de aire	U17301
8	E10b	Desviación mínima por medio de un prisma de aire	U17301
9	E11a	Reflexión en una cara de un prisma acrílico	U17301
9	E11b	Reflexión en dos caras de un prisma acrílico	U17301
9	E11c	Reflexión en dos prismas acrílicos	U17301
10	E11d	Reflexión en dos prismas acrílicos	U17301
10	E11e	Reflexión en dos prismas acrílicos	U17301
10	E12	Reflexión en un prisma de aire	U17301
11	E13a	Paso de un haz de luz a través de una superficie de separación de aire-acrílico	U17301
11	E13b	Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación convexa de aire-acrílico	U17301
11	E14a	Paso de un haz de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico	U17301
12	E14b	Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico	U17301
12	E15a	Paso de un haz de luz a través de una superficie de separación convexa de aire-acrílico	U17301
12	E15b	Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación de aire-acrílico	U17301
13	E16a	Paso de un haz de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico	U17301
13	E16b	Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico	U17301

13	E17a	Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica convexa – rayos de luz paralelos al eje óptico	U17300/U17301
14	E17b	Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica convexa – rayos de luz no paralelos al eje óptico	U17300/U17301
14	E17c	Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica convexa gruesa	U17301
14	E18a	Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica cóncava – rayos de luz paralelos al eje óptico	U17300/U17301
15	E18b	Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica cóncava – rayos de luz no paralelos al eje óptico	U17300/U17301
15	E19a	Paso de rayos de luz a través de una lente de aire convexa – rayos de luz paralelos al eje óptico	U17301
15	E19b	Paso de rayos de luz a través de una lente de aire convexa – rayos de luz no paralelos al eje óptico	U17301
16	E20a	Paso de rayos de luz a través de una lente de aire cóncava – rayos de luz paralelos al eje óptico	U17301
16	E20b	Paso de rayos de luz a través de una lente de aire cóncava – rayos de luz no paralelos al eje óptico	U17301
16	E21a	Parámetros de lentes gruesas – determinación del radio de curvatura	U17300/U17301
17	E21b	Parámetros de lentes gruesas – distancia focal	U17300/U17301
17	E22a	Modelo del ojo humano	U17300
17	E22b	Modelo del ojo humano, miopía	U17300
18	E22c	Modelo del ojo humano, presbicia	U17300
18	E23a	Corrección de la aberración esférica por disminución del diámetro del haz de rayos	U17300/U17301
18	E23b	Corrección de la aberración esférica por medio una combinación de lentes	U17300
19	E24a	Telescopio según Kepler	U17300
19	E24b	Telescopio según Galilei	U17300
19	E25	Cámara	U17300

Juego demostración de óptica de láser U17300
Equipo complementario U17301

En la columna "Equipo" se enumeran los componentes de equipo necesarios para cada experimento, provenientes de U17300 y U17301, o de ambos juegos.

Introducción

El equipo de demostración de óptica de láser permite un montaje de experimentos sencillo y claro para la representación de los fundamentos de la geometría óptica, al igual que para el funcionamiento de diferentes equipos de óptica. Como fuente de luz, se emplea el láser de diodos de 5 rayos U17302.
En estas instrucciones de uso se describen numerosos experimentos básicos con los elementos ópticos de los juegos de equipos U17300 y U17301. Cada descripción experimental se compone de tres partes:

1. Sencilla descripción del experimento
2. Representación gráfica del experimento
3. Imagen del montaje experimental

Debajo del título respectivo, se anota entre paréntesis con qué equipo se puede llevar a cabo el experimento, esto es, U17300, U17301 ó U17300/U17301. La misma indicación se encuentra en la última columna de la sinopsis del índice.
El láser de diodos U17302 es un componente muy importante de los arreglos experimentales. Cinco diodos láser generan cinco rayos de luz paralelos. La cantidad de rayos emitidos es seleccionable. Para ello, delante del láser de diodos, se coloca la placa metálica con perforaciones, incluida en el suministro. Durante el uso de este equipo, se debe evitar un contacto ocular directo con el rayo láser.

Volumen de suministro

Juego demostración de óptica de láser U17300

1 Lente bicóncava
2 Lente biconvexa
3 Lente biconvexa
4 Lente biconvexa
5 Lente biconvexa
6 Pequeña lente plano cóncava
7 Pequeña lente plano convexa
8 Lente grande plano convexa
9 Espejo, cóncavo
10 Espejo, convexo
11 Espejo plano
12 Placa planoparalela
13 Prisma
14 Conductor óptico

Láminas

A Modelo del ojo humano
B Cámara
C Telescopio según Galilei
D Telescopio según Kepler
E Aberración esférica
F Escala angular de 360°

Juego complementario U17301

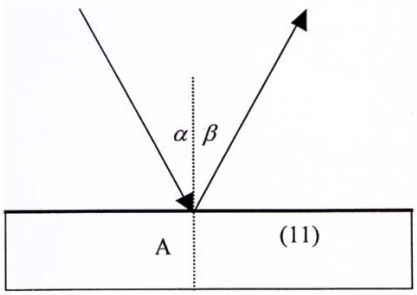
21 Lente bicóncava de aire
22 Lente bicóncava
23 Lente biconvexa de aire
24 Lente biconvexa
25 Prisma de aire
26 Prisma equilateral
27 2 prismas rectangulares
28 Placa planoparalela, cuadrada
29 2 placas planoparalelas, cuadrangulares
11 2 espejos planos

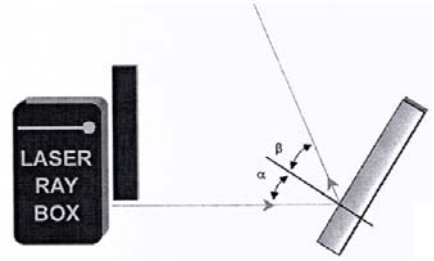
E1 Reflexión en un espejo plano
(U17300/U17301)

Representación de la ley de reflexión. Un rayo de luz que incide sobre una superficie especular plana, con un ángulo de incidencia α, se refleja con el ángulo ß

$\alpha = ß$

Ambos ángulos se miden con la normal.



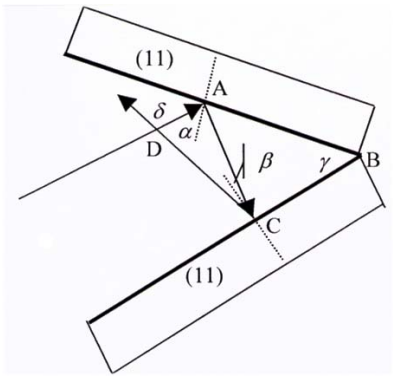


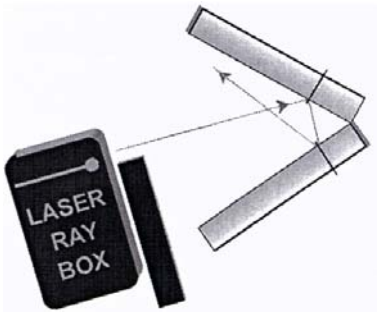
E2 Reflexión en dos espejos planos
(U17301)

Demostración de la relación:

$\delta = 2\,\gamma$

en donde el ángulo δ está formado por el rayo de incidencia, y el reflectante γ es el ángulo entre las superficies especulares.



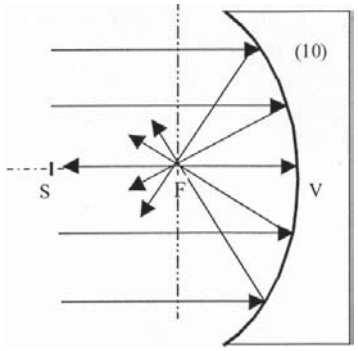


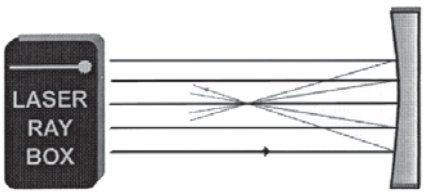
E3a Reflexión en un espejo cóncavo – rayos de luz paralelos al eje óptico
(U17300)

La distancia focal *f* de un espejo hueco se determina por medio de la longitud de la distancia VF. El radio de curvatura se puede determinar a partir de la fórmula:

$$f = \frac{r}{2}$$

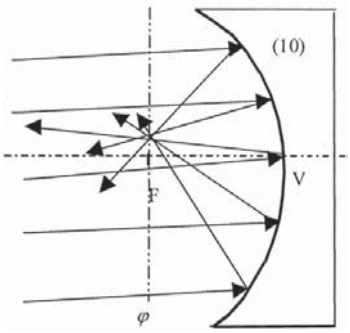
La distancia VS es dos veces más larga que VF.

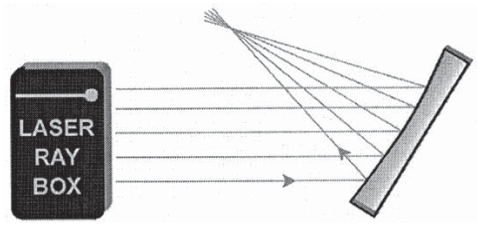




E3b Reflexión en un espejo cóncavo – rayos de luz no paralelos al eje óptico
(U17300)

El eje φ presenta un posición vertical en relación al eje óptico y pasa por el foco. Recibe el nombre de plano focal. Los rayos de incidencia paralela se reflejan y se encuentran en un punto del plano focal φ. Si los rayos son paralelos al eje óptico, el punto se encontrará por encima y recibe el nombre de punto focal F.



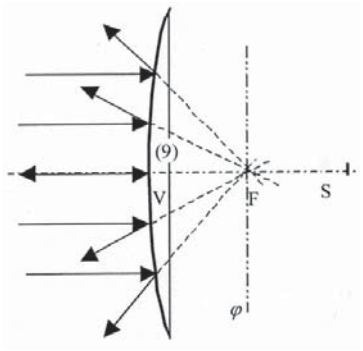


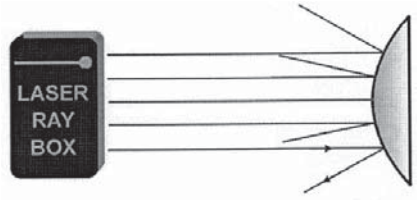
E4a Reflexión en espejo convexo – rayos de luz paralelos al eje óptico
(U17300)

Los rayos reflectantes parecen provenir de un punto que se encuentra por detrás del espejo. A éste se lo denomina foco virtual. La longitud de la línea VF determina la distancia focal del espejo. El radio de curvatura se puede determinar a partir de la fórmula:

$$f = \frac{r}{2}$$

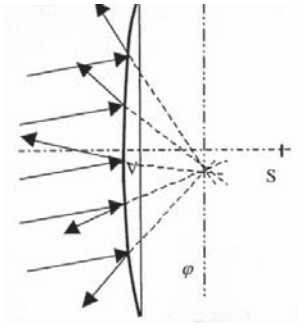
La distancia VS es dos veces más larga que VF.

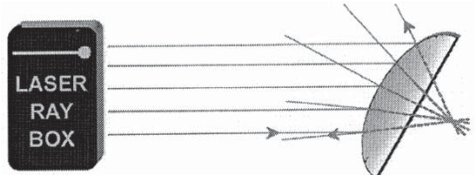




E4b Reflexión en espejo convexo – rayos de luz no paralelos al eje óptico
(U17300)

El eje φ presenta un posición vertical en relación al eje óptico y pasa por el foco. Recibe el nombre de plano focal. Si sobre el espejo inciden rayos paralelos, éstos se dispersan de manera que parecen provenir de un punto del plano focal φ que se encuentra detrás del espejo.



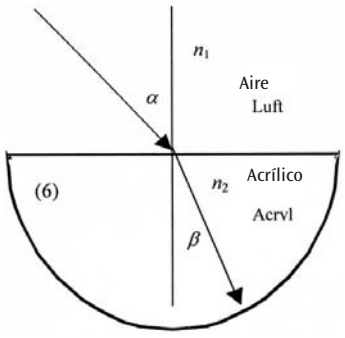


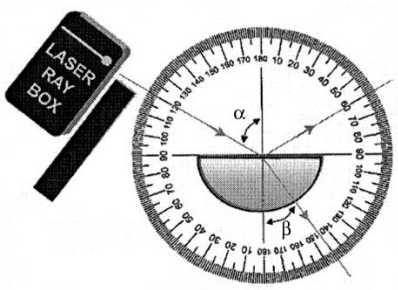
E5a Refracción de un rayo de luz durante su paso del aire al acrílico
(U17300, lámina F)

Cuando un rayo de luz pasa de un medio con un índice de refracción n_1 a otro medio con un índice de refracción n_2 su cambio de dirección se determina por medio de la ley de refracción de Snellius:

$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin ß$

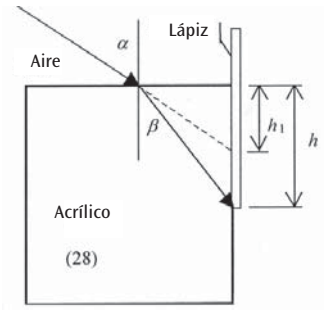
Aquí, α es el ángulo de incidencia en el medio n_1 y ß es el ángulo de refracción en el medio n_2.

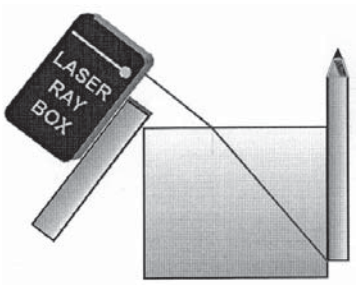




E5b Profundidad aparente de un objeto
(U17301)

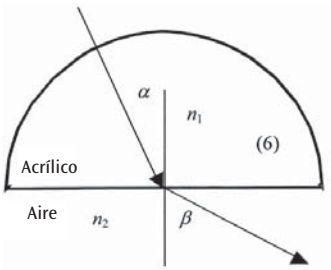
Montaje experimental para la observación de la profundidad aparente de un objeto que se encuentra sumergido en el agua, o detrás de material acrílico, observado desde fuera.

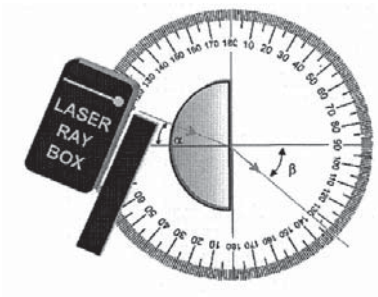




E6a Refracción de un rayo de luz durante su paso del acrílico al aire
(U17300, lámina F)

El ángulo de refracción ß es mayor que el ángulo de incidencia α. El rayo se rompe en la normal.



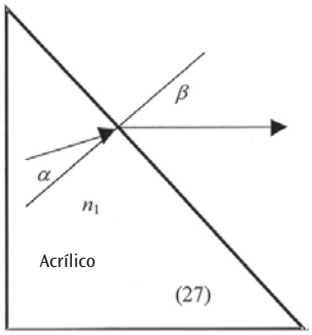


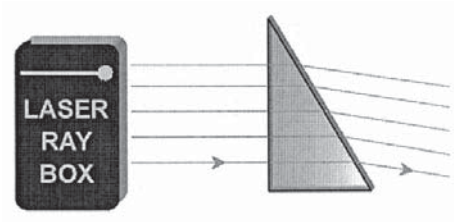
E6b Refracción en un prisma acrílico
(U17300/U17301)

Durante el paso de un rayo de luz de acrílico hacia el aire, la ley de Snellius se puede describir de la siguiente manera:

$n_1 \sin \alpha = \sin ß$

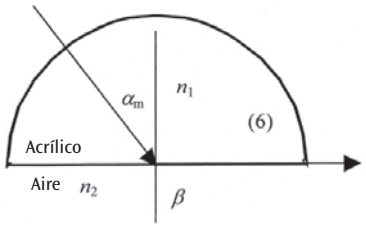
El índice de refracción del aire es $n_2 = 1$.

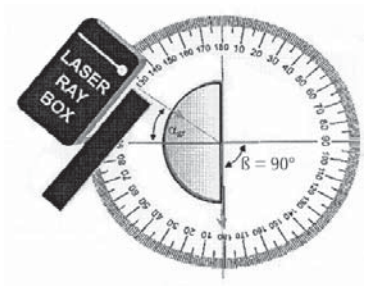




E6c Ángulo crítico, reflexión total
(U17300, lámina F)

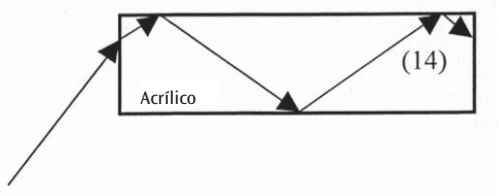
Mientras mayor sea el ángulo de incidencia, mayor será el ángulo de refracción. Si $n_1 < n_2$, existe un ángulo crítico α. El rayo cortado se encuentra entonces en la superficie limitante de ambos medios. Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico, entonces ya no se encuentra presente ninguna refracción y se refleja toda la luz. En este caso se habla de reflexión total.

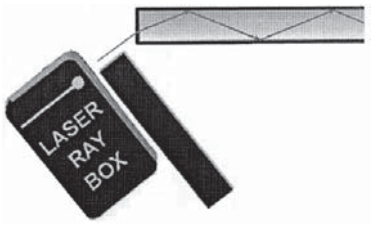




E6d Reflexión total – propagación de la luz en conductores ópticos (U17300)

En un conductor óptico, la luz se propaga gracias a la reflexión total. El parámetro denominado apertura numérica determina, en este caso, el ángulo que no se debe sobrepasar. Corresponde al seno del ángulo máximo de incidencia de la luz. Por medio de este parámetro también se determina el radio menor, en el caso de que el conductor se pliegue. Cuando se instala el conductor óptico, este radio no se debe sobrepasar.

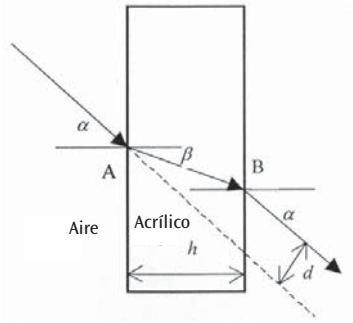


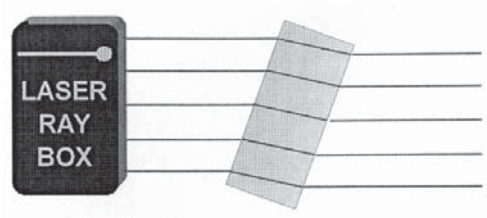


E7 Desplazamiento de un haz de luz, placa acrílica planoparalela (U17300/U17301)

Si un rayo de luz atraviesa una placa planoparalela, su dirección no se modifica. El rayo de reflexión se ha desplazado en una distancia *d*. Si se tiene un espesor de placa *h*, para *d* se obtiene:

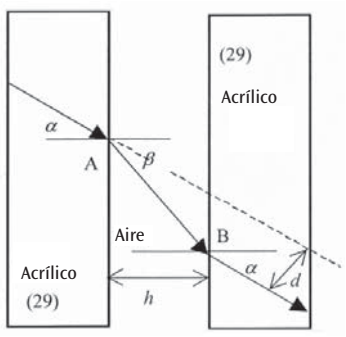
$$d = h\frac{\sin(\alpha-\beta)}{\cos\beta}$$

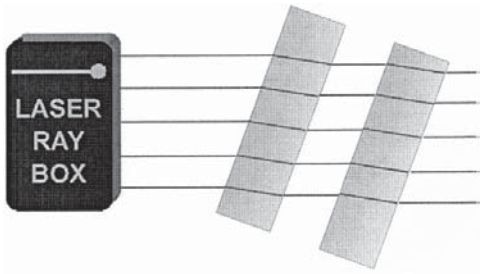




E8 Desplazamiento de un rayo de luz, presencia de aire entre dos placas acrílicas planoparalelas (U17301)

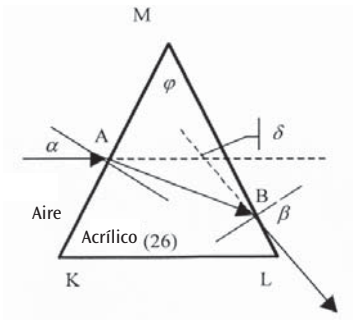
En este caso se presenta un desplazamiento entre el rayo incidente y el reflejado. No obstante, el desplazamiento va en dirección contraria al de la placa acrílica.

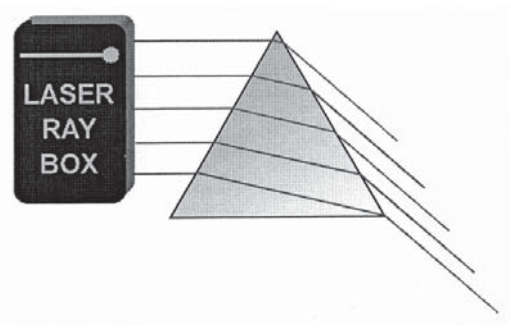




E9a Desviación de un rayo de luz por medio de un prisma acrílico (U17300/U17301)

En un prisma acrílico, un rayo de luz incidente sobre el punto A se corta hacia el eje de incidencia. En el punto de salida B, la refracción se realiza en un lugar distante de la normal. La suma de todos los ángulos de refracción conforma el ángulo de desviación δ. Se trata del ángulo entre la luz incidente y el rayo de luz reflejado.

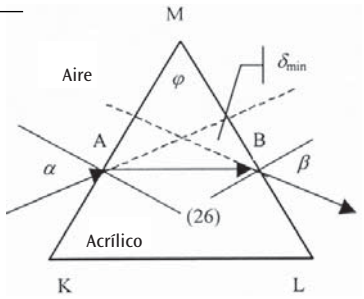


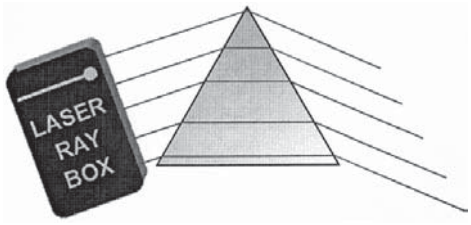


E9b Desviación mínima por medio de un prisma acrílico
(U17300/U17301)

Se puede demostrar que el ángulo de incidencia α, con el ángulo mínimo de desviación δ_{min}, es igual al ángulo de salida ß. El rayo interrumpido pasa por el prisma paralelamente al lado por el que no pasa la luz. Para el índice de refracción del prisma es válido:

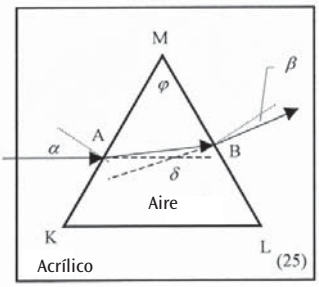
$$n = \frac{\sin\frac{\delta_{min} + \varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}}$$

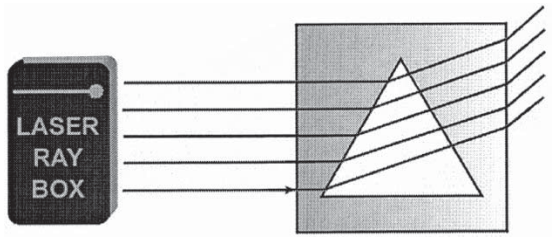




E10a Desviación de un rayo de luz por medio de un prisma de aire
(U17301)

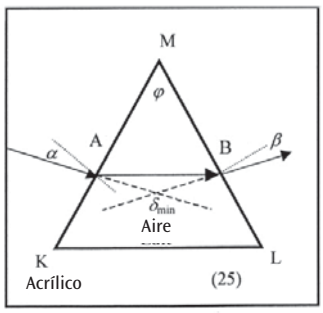
La luz incide en el punto A a través de la superficie de separación acrílico-aire. La normal corta y desplaza el rayo de luz. En el punto de salida B, se corta hacia la normal. La suma de todos los ángulos de refracción conforma el ángulo de desviación δ. Se trata del ángulo entre la luz incidente y el rayo de luz reflejado.

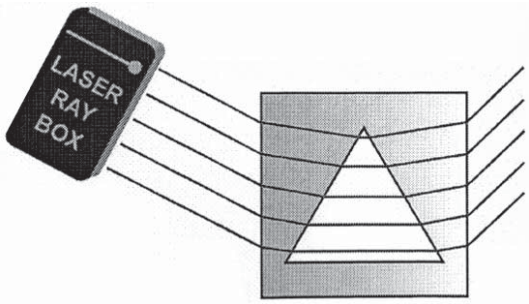




E10b Desviación mínima por medio de un prisma de aire
(U17301)

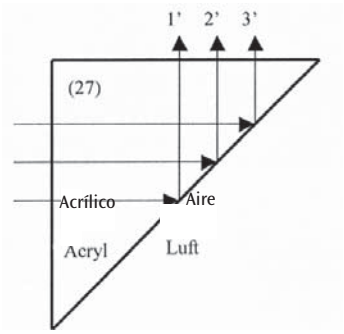
En el caso de que se tenga la desviación mínima δ_{min}, el ángulo de incidencia α es igual al ángulo de reflexión ß. El rayo partido pasa a través del prisma paralelo al lado que no atraviesa. Para el índice de refracción del prisma es válido: (véase E9b). La dirección de la desviación es inversa a la de un prisma acrílico.

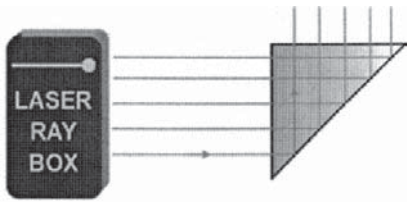




E11a Reflexión en una cara de un prisma acrílico
(U17301)

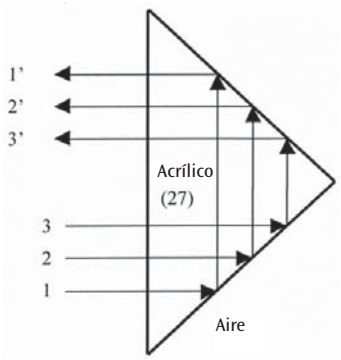
Cuando los rayos de luz llegan a la base del prisma, se reflejan totalmente. Si se gira levemente el prisma, se puede observar refracción al igual que reflexión.

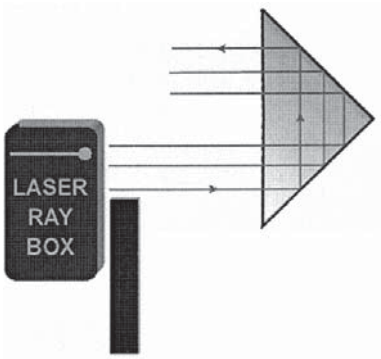




E11b Reflexión en dos caras de un prisma acrílico (U17301)

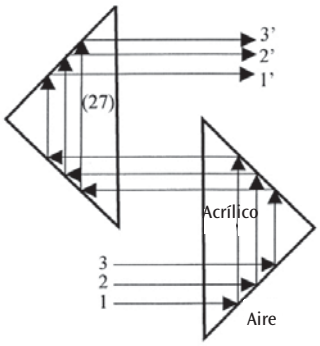
En este caso se cumplen las condiciones para la reflexión total en ambas caras. Si el rayo superior se suprime, desaparece el rayo inferior de reflexión. La imagen tiene un giro de 180°.

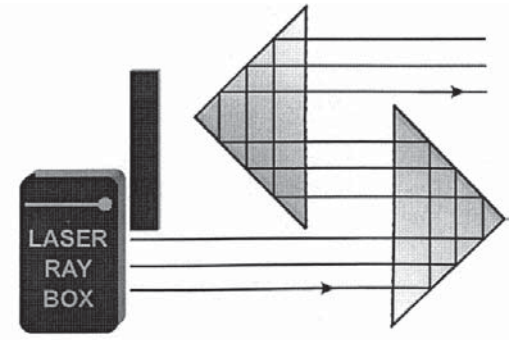




E11c Reflexión en dos prismas acrílicos (U17301)

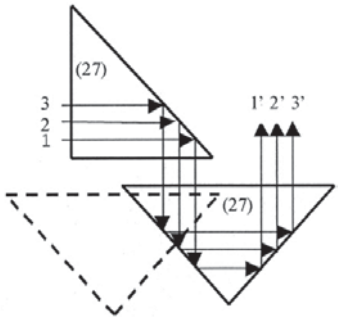
Las condiciones para la reflexión total se cumplen en todos las caras del prisma.

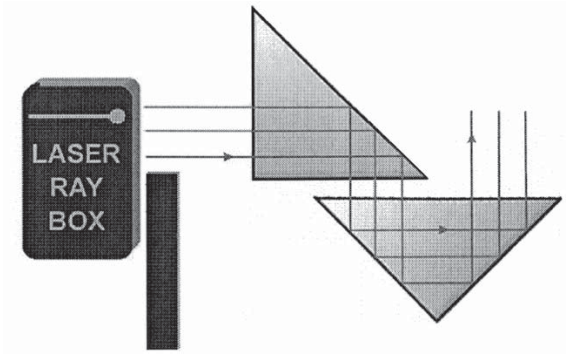




E11d Reflexión en dos prismas acrílicos (U17301)

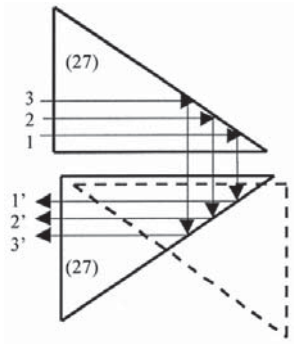
Las condiciones para la reflexión total se cumplen en todas las caras del prisma.

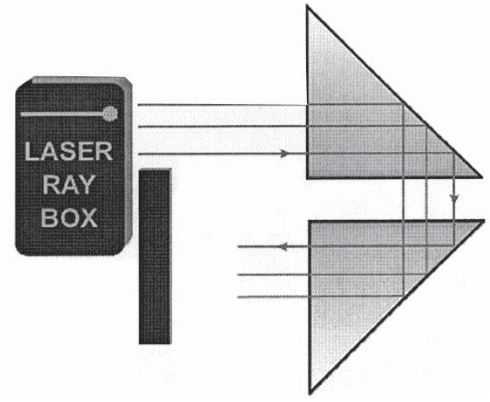




E11e Reflexión en dos prismas acrílicos (U17301)

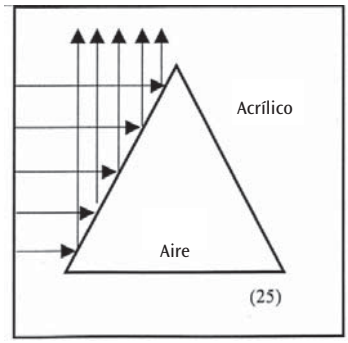
Las condiciones para la reflexión total se cumplen en todas las caras del prisma.

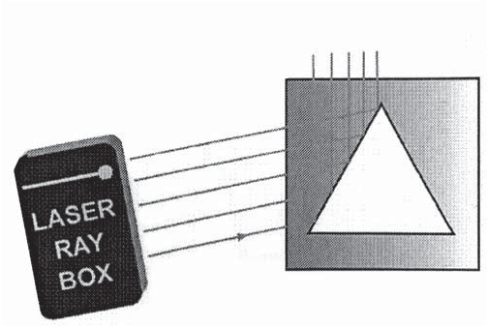




E12 Reflexión en un prisma de aire
(U17301)

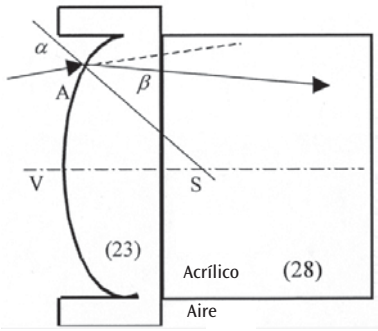
Si el ángulo de incidencia de los rayos de luz es menor que el ángulo crítico (42°), los rayos de luz se reflejan en el material acrílico. Si el ángulo es mayor, una parte de la luz atraviesa el prisma de aire.

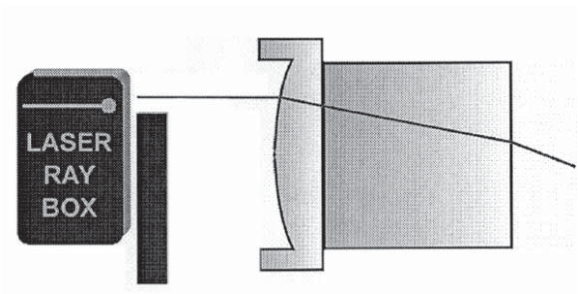




E13a Paso de un haz de luz a través de una superficie convexa de separación de aire-acrílico
(U17301)

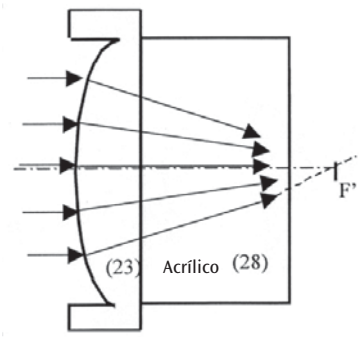
Si un rayo de luz incide en el punto A, a través de la superficie de separación aire-acrílico, se parte hacia la normal. La normal es la recta que va del punto A al punto central de curvatura S.

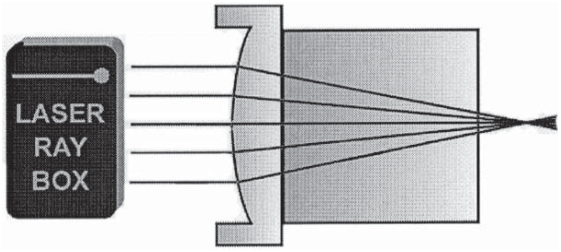




E13b Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación convexa de aire-acrílico
(U17301)

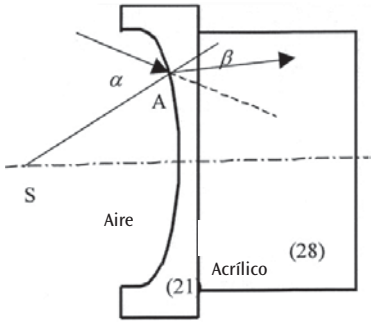
Los rayos de luz incidentes se parten dos veces y se encuentran en el punto F' del eje óptico, esto es, el punto focal.

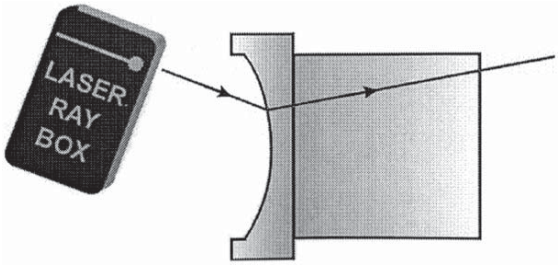




E14a Paso de un haz de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico
(U17301)

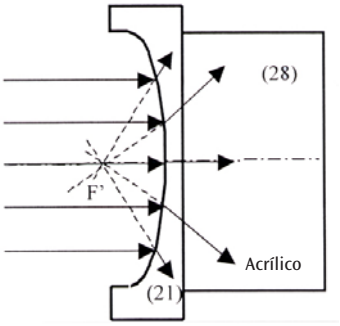
Si el rayo de luz incide sobre la superficie, a través del punto A, se observa una refracción hacia la normal. La normal es la recta que va del punto A al punto central de curvatura S.

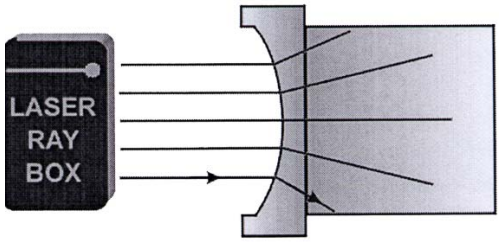




E14b Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico (U17301)

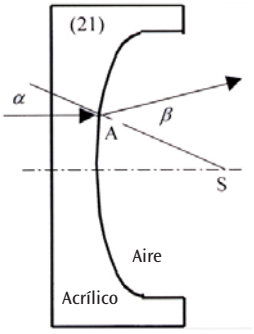
Después del paso a través de la superficie de aire-acrílico, el haz de rayos se parte de manera divergente. Si los rayos partidos se prolongan hacia atrás, se encuentran en un punto del eje óptico. Este punto se denomina punto focal virtual F'.

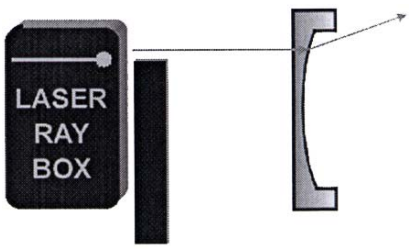




E15a Paso de un rayo de luz a través de una superficie de separación convexa de aire-acrílico (U17301)

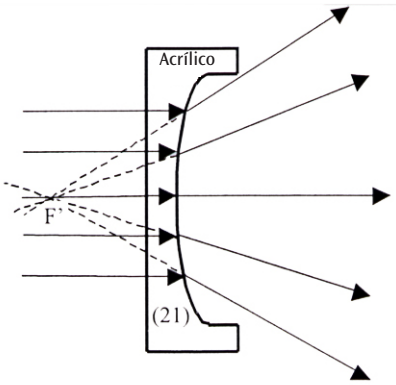
Después de que el rayo de luz ha atravesado el punto A, se ve desplazado de la normal. La normal es la recta que va del punto A al punto central de curvatura S.

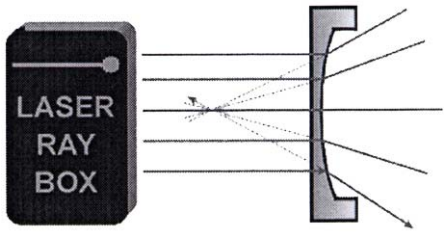




E15b Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación convexa de acrílico-aire (U17301)

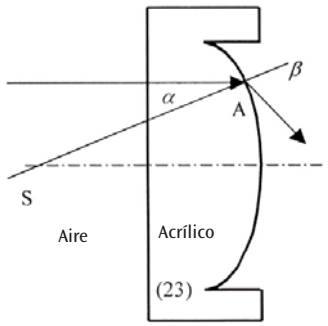
Después del paso a través de la superficie de aire-acrílico, el haz de rayos se parte de manera divergente. Si los rayos partidos se prolongan hacia atrás, se encuentran en un punto del eje óptico. Este punto se denomina punto focal virtual F'.

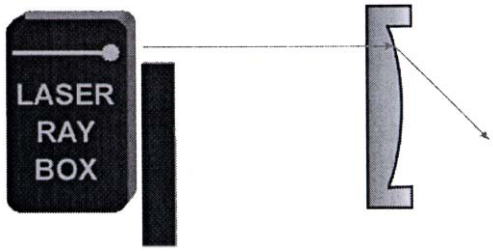




E16a Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación cóncava de aire-acrílico (U17301)

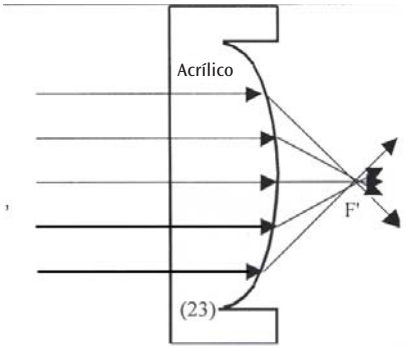
Después de que el rayo de luz ha atravesado el punto A, se ve desplazado por la normal. La normal es la recta que va del punto A al punto central de curvatura S.

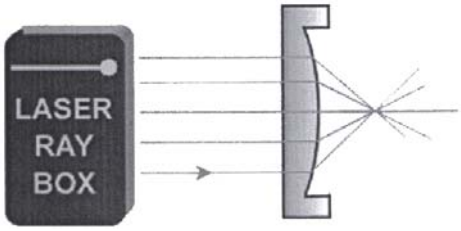




E16b Paso de rayos de luz a través de una superficie de separación cóncava de acrílico-aire
(U17301)

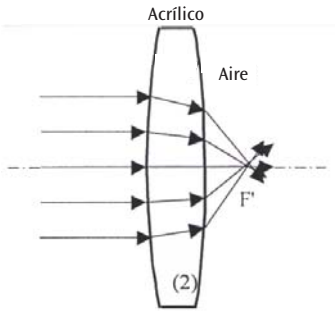
Después de atravesar la superficie de separación, el haz de rayos se vuelve convergente. Los rayos paralelos se encuentran en un punto del eje óptico, esto es, el punto focal F'.

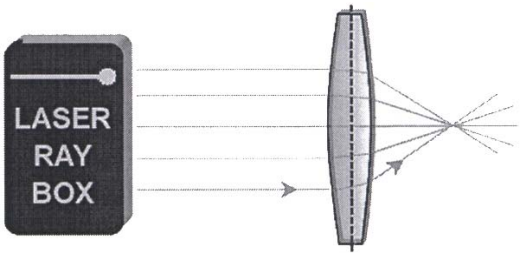




E17a Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica convexa – rayos de luz paralelos al eje óptico
(U17300/U17301)

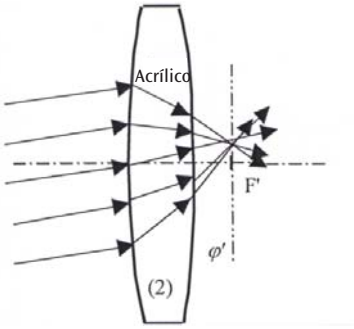
Una lente acrílica convexa es una lente convergente y, una vez que la han atravesado, los rayos de luz se encuentran en el punto focal F'.

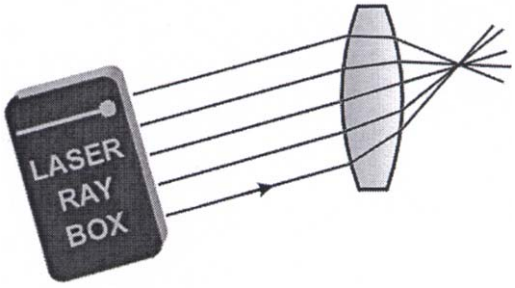




E17b Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica convexa – rayos de luz no paralelos al eje óptico (U17300/U17301)

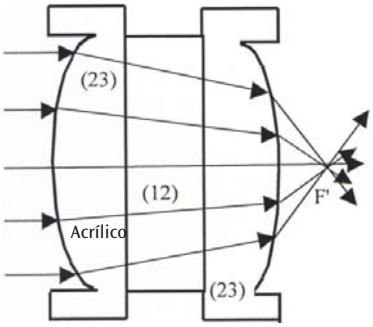
El eje φ' presenta un posición vertical en relación al eje óptico y pasa por el punto focal F'. Recibe el nombre de plano focal. Los rayos incidentes se parten y se encuentran en un punto del eje φ'.

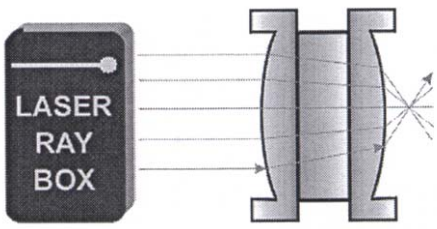




E17c Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica convexa gruesa (U17301)

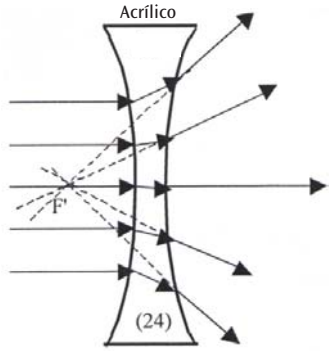
Se puede obtener el modelo de una lente gruesa emplazando una placa planoparalela ente dos lentes (23): Al modificarse el espesor d de la lente, varía también la distancia focal; mientras más gruesa sea la lente, la distancia focal será menor. A partir de un espesor crítico, la lente convergente se convierte en una lente divergente.

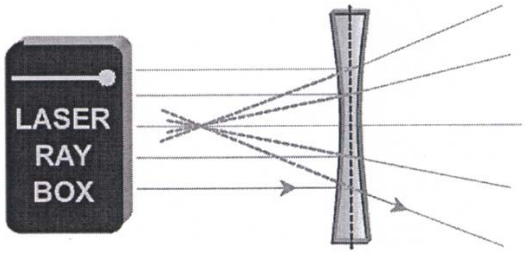




E18a Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica cóncava – rayos de luz paralelos al eje óptico (U17300/U17301)

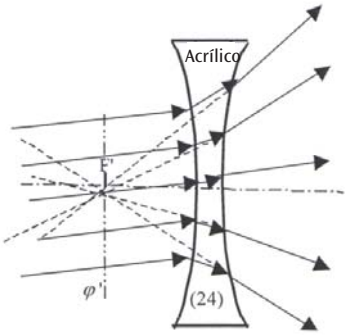
Después de atravesar la lente, los rayos de luz se vuelven divergentes. No reflejan ningún objeto. Si se prolongan hacia atrás, se encuentran en el punto focal virtual F'.

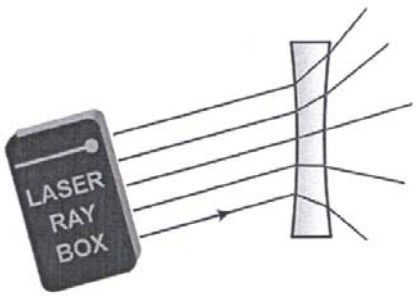




E18b Paso de rayos de luz a través de una lente acrílica cóncava – rayos de luz no paralelos al eje óptico (U17300/U17301)

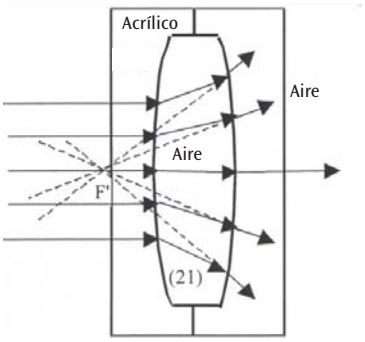
El eje φ' presenta un posición vertical en relación al eje óptico y pasa por el punto focal virtual F'. Recibe el nombre de plano focal. La prolongación de los rayos desviados se encuentra en un punto del eje φ'.

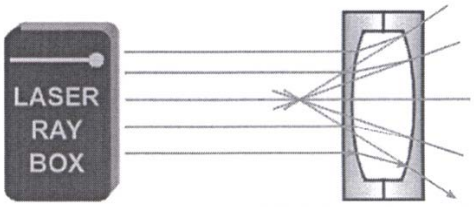




E19a Paso de rayos de luz a través de una lente de aire convexa – rayos de luz paralelos al eje óptico
(U17301)

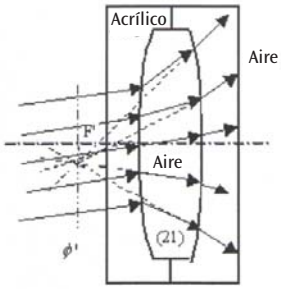
Después de atravesar la lente, los rayos de luz se vuelven divergentes. No reflejan ningún objeto. Si se prolongan hacia atrás, se encuentran en el punto focal virtual F'.

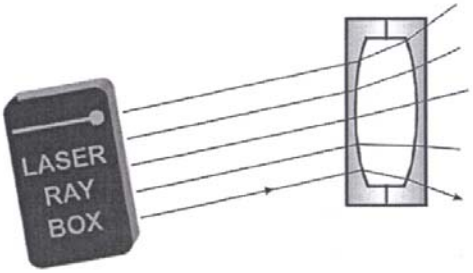




E19b Paso de rayos de luz a través de una lente de aire convexa – rayos de luz no paralelos al eje óptico
(U17301)

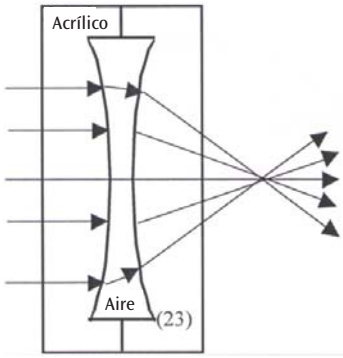
El eje φ' presenta un posición vertical en relación al eje óptico y pasa por el punto focal virtual F'. Recibe el nombre de plano focal. La prolongación de los rayos desviados se encuentra en un punto del eje φ'.

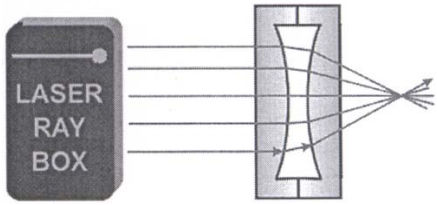




E20a Paso de rayos de luz a través de una lente de aire cóncava – rayos de luz paralelos al eje óptico
(U17301)

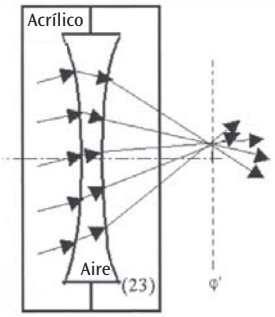
Una lente de aire cóncava se comporta como una lente convergente y los rayos desviados se encuentran en el punto focal F' después de atravesar la lente.

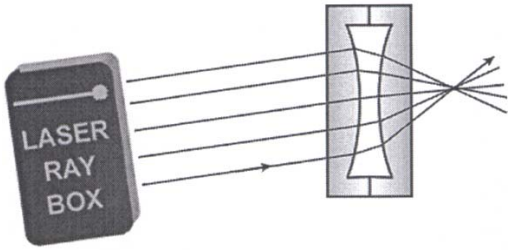




E20b Paso de rayos de luz a través de una lente de aire cóncava – rayos de luz paralelos al eje óptico
(U17301)

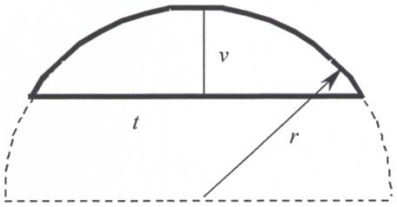
El eje φ' presenta un posición vertical en relación al eje óptico y pasa por el punto focal F'. Recibe el nombre de plano focal. La prolongación de los rayos desviados se encuentra en un punto del eje φ'.

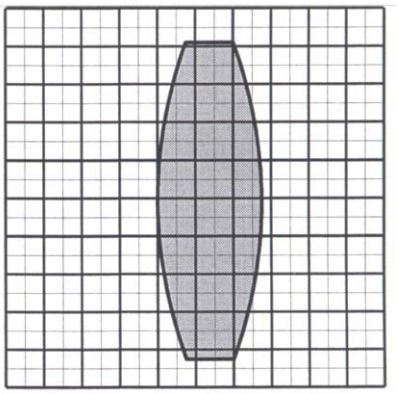




E21a Parámetros de lentes gruesas – determinación del radio de curvatura
(U17300/U17301)

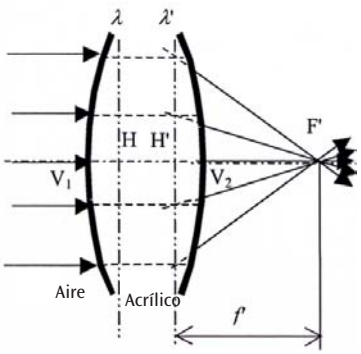
En el juego de óptica de láser, las lentes poseen una superficie de refracción cilíndrica, sobre una superficie base circular, con iguales radios de curvatura. Estos radios se pueden determinar empleando papel milimetrado.

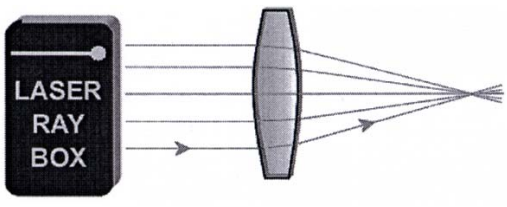




E21b Parámetros de lentes gruesas – distancia focal
(U17300/U17301)

Se habla de lentes gruesas cuando el espesor de éstas no es despreciable. Durante la definición de la distancia focal, se debe tomar en cuenta la distancia entre ambos planos principales H y H'.

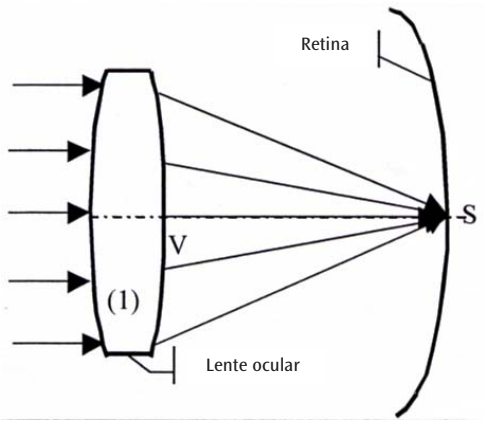


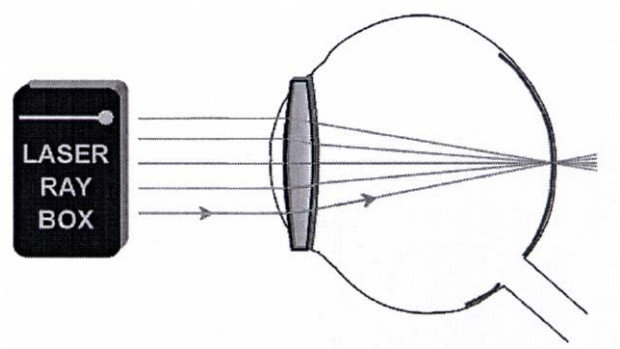


E22a Modelo del ojo humano

(U17300, lámina A)

Los rayos de luz paralelos al eje óptico se desvían por la acción de la lente ocular y se encuentran en un punto de la retina. Emplazar la lente ocular (1) directamente detrás de la línea O_2.



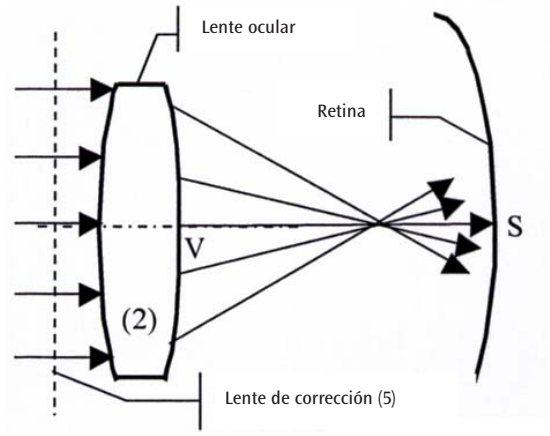


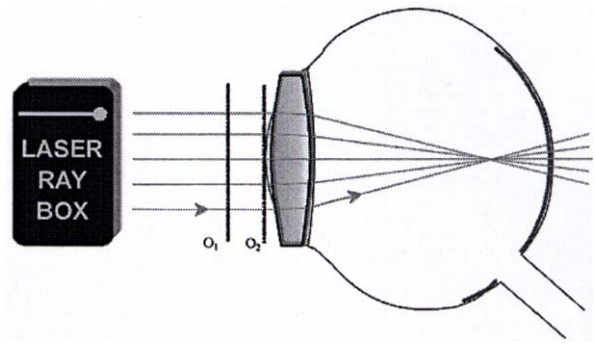
E22b Modelo de ojo humano, miopía

(U17300, lámina A)

Los rayos de luz paralelos al eje óptico se desvían por la acción de la lente ocular y se encuentran en un punto situado delante de la retina.

Emplazar la lente ocular (2) directamente detrás de la línea O_2 y la lente de corrección (5) entre las líneas O_1 y O_2.





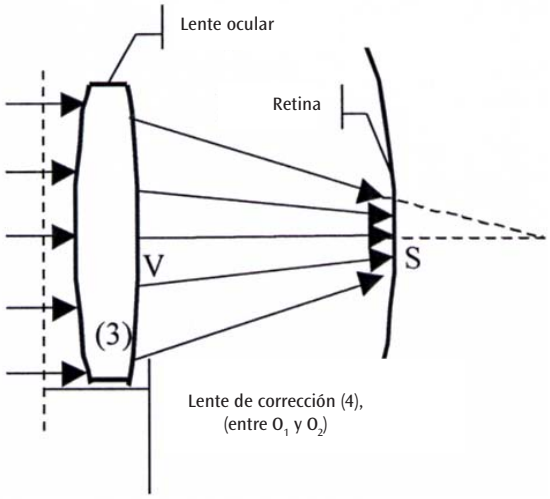
E22c Modelo del ojo humano, presbicia

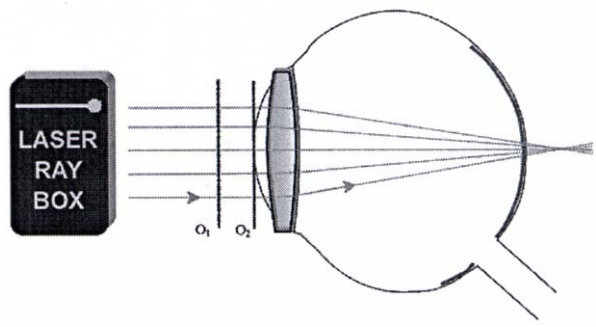
(U17300, lámina A)

Los rayos de luz paralelos al eje óptico se desvían por la acción de la lente ocular y se encuentran en un punto situado detrás de la retina. La lente de corrección es una lente convergente. Para la distancia focal f' del sistema de lentes es válido:

$$f' = \frac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2}$$

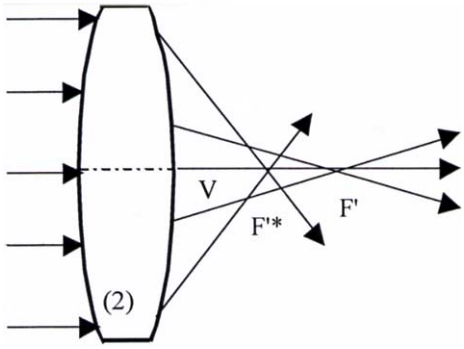
en donde f_1' es la distancia focal de la lente ocular y f_2' la de la lente de corrección.

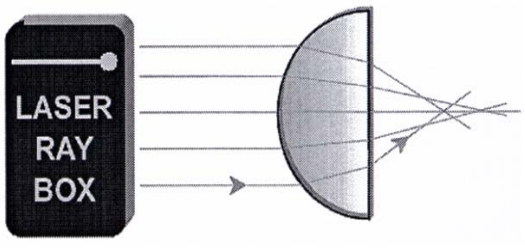




E23a Corrección de la aberración esférica por disminución del diámetro del haz de rayos
(U17300/U17301)

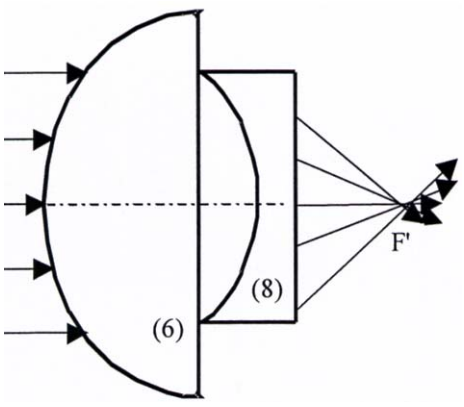
La aberración esférica de una lente se puede reducir disminuyendo el diámetro del haz de rayos que atraviesa la lente. Para ello se suprimen los rayos externos.

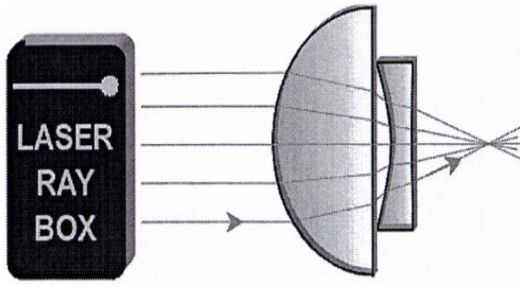




E23b Corrección de la aberración esférica por medio de una combinación de lentes
(U17300, lámina E)

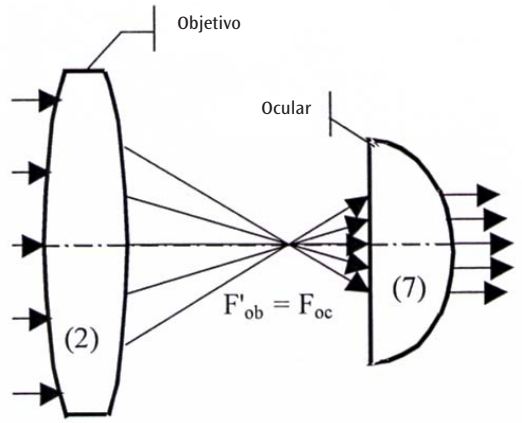
La aberración esférica de las lentes convergentes y divergentes tienen un efecto inverso. El error se puede corregir por medio de una combinación de lentes. La aberración $\Delta f = f_1 - f_2$ se define como la diferencia entre la distancia focal f_1 de los rayos externos y f_2 de los rayos internos. En el caso de las lentes convergentes, la aberración tiene signo positivo, mientras que en las divergentes el signo es negativo.

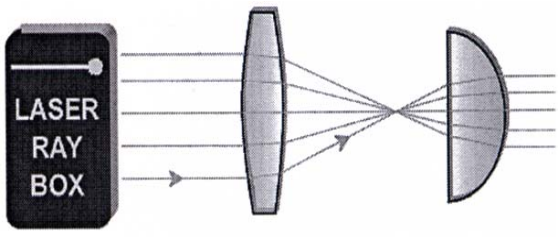




E24a Telescopio según Kepler
(U17300, lámina D)

En el telescopio de Kepler, el objetivo genera una imagen real reducida del objeto observado, la cual se ve ampliada por el ocular como si se tratara de una lupa. Se obtiene una imagen invertida enormemente ampliada (tanto las partes superior e inferior, así como la derecha e izquierda se encuentran permutadas). Este hecho se puede demostrar suprimiendo uno de los rayos de luz externos. Si el rayo superior incidente se suprime, desaparece el rayo inferior de salida.

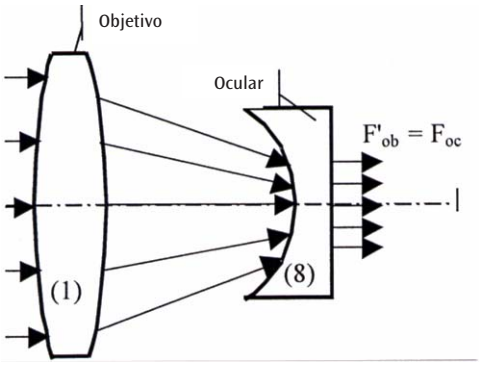


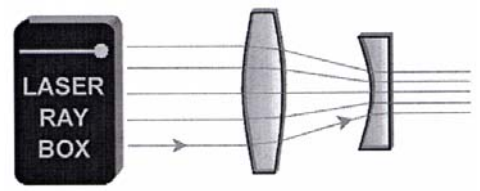


E24b Telescopio según Galilei

(U17300, lámina C)

En el telescopio de Galilei, los rayos provenientes del objetivo pasan por una lente divergente antes de arribar al punto focal. Los rayos llegan al ojo en forma de rayos paralelos. La imagen del objeto está ampliada, derecha y no invertida.





E25 Cámara

(U17300, lámina B)

La lente de una cámara es una lente convergente. Refleja un objeto en una imagen real, volteada de cabeza, en la película que se encuentra en la parte posterior de la cámara.